

VTRのテープとヘッドのトライボロジーに関する研究

著者	大崎 博之
号	1263
発行年	1991
URL	http://hdl.handle.net/10097/10070

氏 名	大崎博之
授与学位	博士（工学）
学位授与年月日	平成4年2月12日
学位授与の根拠法規	学位規則第5条第2項
最終学歴	昭和57年3月 東北大学大学院工学研究科機械工学専攻 博士課程前期2年の課程修了
学位論文題目	VTRのテープとヘッドのトライボロジーに関する研究
論文審査委員	東北大学教授 加藤 康司 東北大学教授 加藤 正名 東北大学教授 江刺 正喜

論文内容要旨

第1章 序 論

磁気記録装置の中でもVTRの記録密度は非常に高いが、VTRの普及・使用範囲の拡大などに伴いさらなる小型化、高性能化、あるいはデジタル化が要求され、そのために記録密度をさらに大きくすることが必要となってきた。そのためには記録波長を短くする必要があるが、その結果スペーシング損失がより大きくなってしまふ。従って、媒体／ヘッド間の摩擦力上昇を招いてしまふ“媒体表面の平滑化”など、トライボロジー的にはより厳しい条件で媒体とヘッドが接触・摺動を行わなければならない状況になってきている。

従って、今後さらに高記録密度化を進めていく上で最も重要な問題となるのがトライボロジーの問題である。その中でも、最悪の場合にはビデオ画像が全く消失してしまうという致命的な現象である「ビデオヘッドによるテープのダメージ」と「ヘッドクロック」が特に重要な問題である。しかしながら、従来はこれらのVTRにおけるトライボロジー問題が起こるメカニズムは全く解明されていなかった。

本研究では、摺動面を連続的に観察するという観点から新しく開発した数種類の実験装置を用いることによって、VTRにおける最も重要なこれらのトライボロジー問題のメカニズムを世界で初めて明らかにした。さらに結論として、それらのメカニズムに基づいた『トライボロジー的観点に基づくビデオテープの設計指針』を明らかにした。

第2章 塗布型テープのスティルダメージのメカニズム

第2章では、従来そして現在でも最も広く用いられている塗布型テープを対象にスティル状態（静止画状態）でのダメージのメカニズムの解明を行なった。その結果、ビデオヘッドとの摺動によって、テープ磁性層のバインダーが流動してテープ表面が平滑化し、その結果真実接触面積が増加することによって摩擦力が上昇し、その摩擦力がテープ磁性層のせん断強さを越えた時に磁性層の内部でせん断破壊を起こすことを明らかにした。

最も根本的な原因であるバインダーの流動を防ぐためには内添した潤滑剤が最も有効で、真実接触部におけるせん断抵抗を下げるという直接的効果の他に、そこから派生してバインダーの流動による真実接触面積の増加を防ぐという2次的効果があり、しかもその効果が非常に大きいことを明らかにした。

第3章 斜方蒸着テープのスティルダメージのメカニズム

第3章では、従来の塗布型テープとは全く異なり、金属薄膜を磁性層に用いた、今後主流となるであろう斜方蒸着テープのスティルダメージのメカニズムの解明を行なった。その結果ビデオヘッドとの摺動によってテープ表面の微小表面粗さ（斜方蒸着によってできた柱状構造による微小粗さ）が摩耗によって平滑化し、その結果真実接触面積が増加することによって摩擦力が上昇し、その摩擦力が磁性層とベースフィルムの界面の付着力を越えた時に磁性層が界面でせん断剥離を起こすことを明らかにした。

付着力を増加させると同時に、磁性層を引き剥がそうとする力である“単位面積あたりの平均摩擦力”を小さくすることが非常に重要であり、そのためには磁性層表面上に設けた微小突起が非常に有効で、図1に示すように摩擦力を低く保ち、スティル耐久性を大幅に向上させることができることを明らかにした。

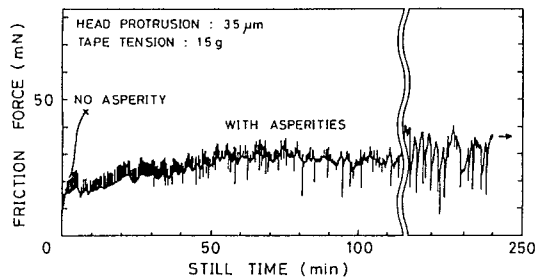


図1 スティル時間経過に伴う摩擦力の変化
(表面突起の効果)

第4章 垂直磁気記録用 Co-Cr スパッタテープのスティルダメージのメカニズム

第4章では、将来の磁気記録技術である垂直磁気記録に使用されるであろう Co-Cr スパッタテープのスティルダメージのメカニズムの解明を行なった。その結果、ビデオヘッドとの摺動によって生じたテープ磁気層のマイルド摩耗粉が図2に示すようにビデオヘッド表面に徐々に移着・成長することによって突起を形成し、それによってテープ表面にアブレイブな傷をつけてしまうことを明らかにした。

摩耗粉の移着を防止し、すでに移着している摩耗粉を削り取るような性質をテープ表面に持たせるためにはカーボン保護膜のような硬質皮膜が有効であることを明らかにした。しかしながら、ビ

デオヘッドとの摺動回数増加に伴って摩耗力が上昇して、やがてカーボン保護膜が剥離してしまうことが明らかになり、今後このテープを実用化していくためには、カーボン保護膜の剥離を如何に防ぐかという観点で検討を進めていけば良いことを明らかにした。

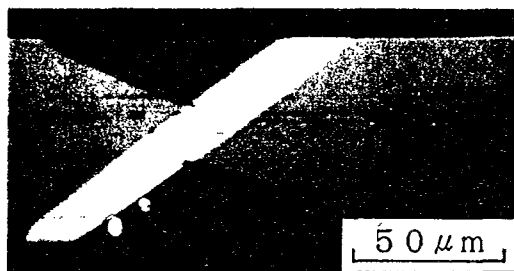


図2 ビデオヘッド上に移着したCo-Crテープの摩耗粉

第5章 斜方蒸着テープの走行状態でのダメージのメカニズム

第5章では、主にテープ走行時における固定ガイドとの摺動によるテープダメージについて、斜方蒸着テープを例にとってそのメカニズムの解明を行った。その結果、ガイドとの摺動に伴って生じたテープのマイルド摩耗粉がガイド上に移着して、それがテープの磁性面にアブレシブな傷をつけてしまうことを明らかにした。さらにこの場合磁性層に引張りの内部応力が存在する場合には、アブレシブな傷によって応力が解放されてその部分が“しわ”状に盛り上がり、スペーシング損失を招いてしまうことを明らかにした。

ガイドの材料をステンレスから凝着性の小さいジルコニアに変えることによって、摩擦係数を小さく保ち、かつ摩擦粉の生成を防ぐことによって傷を大幅に減ずることができ、その結果“しわ”状の盛り上がりを防ぐことができることを明らかにした。

第6章 金属薄膜／ポリマー間の付着力測定法と付着力改善方法

第6章では、金属薄膜テープにとって、最も重要な性質の1つである金属薄膜と下地ポリマー間の付着に関して、測定値のバラツキが非常に少ないように新しく開発した付着力測定法を提案し、それをういて下地ポリマー表面処理による付着力向上の新しいメカニズムを解明した。この付着力測定法は、下地ポリマーを引張った時に生じる金属薄膜のクラック部分で剥離が起こった時のクラック間の間隔（セグメント長）の最大値を次式に代入して求める方法で、再現性が非常に良くてバラツキが非常に少なく、下地の機械的性質を知る必要がなく、かつ内部応力の影響を受けない為に、下地表面処理の最適条件を求める場合などに非常に有効である。

$$\tau_0 = 4 \sigma_0 \cdot (t/l_r)$$

ここで、 τ_0 ：金属薄膜／ポリマーのせん断付着力、 t ：金属薄膜の膜圧

σ_0 ：金属薄膜の引張り強さ、 l_r ：最大のセグメント長

又、Niなどの反応性の高い金属をポリエチレンテレフタレート（PET）上に蒸着したものを剥離させた場合、蒸着によって変質したPET（ベンゼン環が少なくなった構造—分子鎖の破断が起こっていると考えられる）の内部でせん断破壊が起こることを明かにした。その場合、Arイオン bombard 処理などによって、予めPETの表面を架橋させておくことによって変質層の形成を防ぎ、図3に示すようにベースフィルムのせん断強さを向上させることができることを明かにした。

第7章 塗布型テープのヘッドクログのメカニズム

第7章では、テープ走行時にテープの摩耗粉がビデオヘッド表面に移着することによって、スペーシング損失を起こして正常な画像の記録・再生が行えなくなってしまう「ヘッドクログ現象」を塗布型テープを例にとり、そのメカニズムの解明を行なった。その結果、ベースフィルム内フィラーの凝集物が原因でテープ磁性面上に異常突起ができ、ビデオヘッドやガイドとの摺動によってそこから摩耗粉が生じて、最終的に先行ビデオヘッドの出口側摺動部外に溜り、それが塊となってテープ上に脱落して、それを後続ヘッドが拾うことによってヘッドクログが起こることを明かにした。

フィラーの凝集物を根本的になくすか、あるいは塗布後に磁性面上の異常突起を後処理によって削り取れば良いという指針を明かにした。又、ヘッドとしては、摩耗粉が溜る出口側の摺動部外の部分を切り取った構造のビデオヘッドを用いるか、出口側の摺動部外の部分にP T F Eなどの表面エネルギーの小さい膜を被覆することによって摩耗粉の集積を防げば良いということを示した。

第8章 結論 “トライボロジー的観点に基づくビデオテープの設計指針”

第8章では、各章で解明したV T Rにおけるトライボロジー問題の発生メカニズムをまとめ、それらのメカニズムに基づいて、『トライボロジー的観点に基づくビデオテープの設計指針』を明かにした。

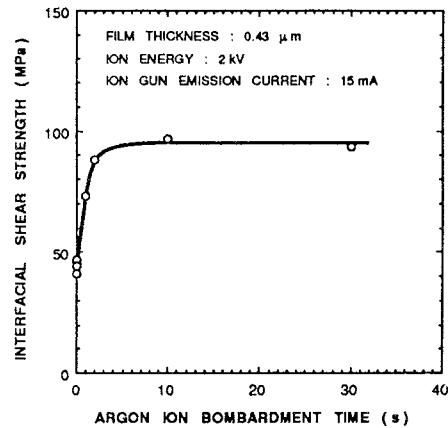


図3 Ar ボンバード時間とせん断強さの関係

審 査 結 果 の 要 旨

VTRをさらに小型化、高性能化、あるいはデジタル化していくためには、さらに記録密度を大きくする必要があるが、その場合に大きな障害となるのがビデオテープとヘッドとのトライボロジーの問題である。本論文は、摺動面を連続的に観察できるように開発した実験装置を用いることによって、このようなトライボロジーの問題の発生メカニズムを解明し、これによりビデオテープ及びヘッドの設計指針を明らかにしたもので、全編8章よりなる。

第1章は緒論である。

第2章では、塗布型テープのスティル状態でのテープダメージのメカニズムを解明した。その結果、テープとヘッドとの摺動に伴うバインダーの流動によって表面が平滑化して真実接触面積が増加することが根本的な原因であることを明らかにした。

第3章では、斜方蒸着テープのスティルダメージのメカニズムを解明した。その結果、テープ表面の摩耗に伴う真実接触面積の増加によって摩擦力が増加し、それにより磁性薄膜が界面で剥離を起こすことを明らかにした。

第4章では、垂直磁気記録用 Co-Cr スパッタテープのスティルダメージのメカニズムを解明した。その結果、テープの摩擦粉がヘッド表面に徐々に移着して突起を形成し、それによってテープ表面にアブレイブな傷をつけてしまうことを明らかにした。

第5章では、固定ガイドとの摺動によるテープダメージのメカニズムの解明を行なった。その結果、テープの摩擦粉がガイド上に移着して突起を形成し、それがテープにアブレイブな傷をつけてしまうことを明らかにした。

第6章では、測定値のバラツキが非常に小さい磁性薄膜の付着力測定法を新しく開発し、さらに下地表面処理による付着力向上のメカニズムを解明した。

第7章では、ヘッドクロック現象の発生メカニズムを解明した。この結果は、テープ磁性面上の異常突起から摩擦粉が生じて、先行ヘッドの出口側摺動部外に大量に溜ってからテープ上に脱落し、それを後続ヘッドが拾うことによって発生することを明らかにした。

第8章では、以上解明したメカニズムから求めたビデオテープとヘッドの設計指針を結論としてまとめた。

以上要するに本論文は、ビデオテープとヘッド間のトライボロジーの諸現象の機構を初めて明らかにし、ビデオテープとヘッドの設計指針を確立したもので、機械工学の発展に寄与するところが少なくない。

よって、本論文は博士（工学）の学位論文として合格と認める。